

ETCHING METHOD OF ORGANIC ANTI-REFLECTION FILM AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent Number: JP2000277494

Publication date: 2000-10-06

Inventor(s): NAGAYAMA TETSUJI

Applicant(s): SONY CORP

Requested Patent: JP2000277494

Application Number: JP19990084922 19990326

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L21/3065; G03F7/11; G03F7/40; H01L21/027

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a base layer to be hardly etched even if a large level difference is present and to lessen a dimensional conversion difference.

SOLUTION: When an organic anti-reflection film 106 is subjected to dry etching, it is etched through a resist pattern 107 as a mask using a mixed etching gas of oxygen gas and halogen gas. The mixing ratio of halogen gas to mixed etching gas is lessened before or at a point of time when a WSix film 105 as a base layer of the anti-reflection film 106 is exposed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-277494

(P2000-277494A)

(43)公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 01 L 21/3065		H 01 L 21/302	F 2 H 02 5
G 03 F 7/11	5 0 3	G 03 F 7/11	5 0 3 2 H 09 6
7/40	5 2 1	7/40	5 2 1 5 F 00 4
H 01 L 21/027		H 01 L 21/30	5 7 4 5 F 04 6

審査請求 未請求 請求項の数22 O.L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-84922

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(22)出願日 平成11年3月26日 (1999.3.26)

(72)発明者 長山 哲治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

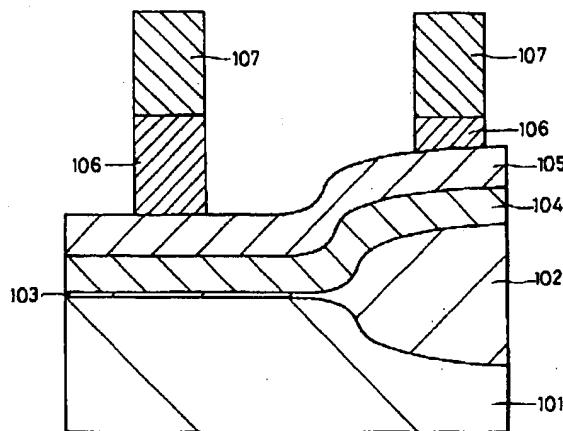
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機系反射防止膜のエッチング方法および半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【課題】 高段差を有する場合であっても下地層のエッチングが生じることがなく、しかも寸法変換差を低減することができる有機系反射防止膜のエッチング方法およびこのエッチング方法を用いた半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 有機系反射防止膜106をドライエッチングによりエッチングする場合に、少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッチングガスを用いて有機系反射防止膜106をレジストパターン107をマスクとしてエッチングし、有機系反射防止膜106の下地層、例えばWSi_x膜105が露出する前または露出了した時点で、エッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングするようにした有機系反射防止膜のエッティング方法において、少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を下げるようとしたことを特徴とする有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項2】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスに炭素を構成原子として含む化合物のガスを添加するようにしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項3】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスに窒素ガスまたは不活性ガスを添加するようにしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項4】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を66%未満に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項5】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を61%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項6】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を56%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項7】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を50%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項8】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を66%未満に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項9】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜

をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を61%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項10】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を56%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項11】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を50%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項1記載の有機系反射防止膜のエッティング方法。

【請求項12】 有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングする工程を有する半導体装置の製造方法において、

少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、

上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を下げるようとしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項13】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスに炭素を構成原子として含む化合物のガスを添加するようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスに窒素ガスまたは不活性ガスを添加するようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を66%未満に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を61%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】 上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点で上記エッティングガスにおけ

る上記ハロゲンガスの添加比率を56%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 上記エッティングガスにおける上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点での上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を50%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点での上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を66%未満に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点での上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を61%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点での上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を56%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項22】 上記ハロゲンガスの添加比率が66%以上の上記エッティングガスを用いて上記有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、上記有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点での上記エッティングガスにおける上記ハロゲンガスの添加比率を50%以下に下げるようとしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、有機系反射防止膜のエッティング方法および半導体装置の製造方法に関し、特に、ドライエッティングによる有機系反射防止膜の加工工程を有する半導体装置の製造に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年のVLSI等に見られるように、半導体装置の高集積化および高性能化が進展するに伴い素子の微細化が進み、その最小線幅を決定するリソグラフィ用の露光波長がますます短波長化している。現在、半導体集積回路の開発においては、サブハーフミクロン領域のデザインルールの素子がターゲットになってお

り、その際使用される縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）はKrFエキシマーレーザ光（波長248nm）を光源に用い、0.37~0.50程度のNA（開口数）のレンズを搭載している。

【0003】この場合の露光光源には単一の波長の光が用いられている。このように单一波長光で露光を行う場合には、定在波効果と呼ばれる現象が発生することが広く知られている。定在波が発生する原因是、レジスト膜内で露光光の多重干渉が起こることによる。すなわち、入射光とレジスト／基板界面からの反射光とがレジスト膜内で干渉を起こすことによるものである。

【0004】この定在波効果の結果として、レジストを光反応させるエネルギーとなる吸収光量が、レジスト膜厚に依存して変化する。ここで、吸収光量とは、レジスト表面の反射や、基板での吸収、レジストから射出した光等を除いたレジスト自体に吸収される光の量を示す。

【0005】この吸収光量の変化の度合いは、下地基板の種類や基板上の段差により微妙に変わってくるため、露光・現像後に得られるレジストパターンの寸法の制御が困難になってしまう。こういった傾向は、どのレジスト種でも共通のもので、パターンが細かくなればなる程顕在化する問題点である。

【0006】そこで、このような定在波効果を抑制する有効な方法として、反射防止膜の採用が不可欠となっている。

【0007】ところで、ゲート電極をはじめとする微細パターンのパターニングでは、表面反射と段差の問題（例えば、Wポリサイドからなるゲート電極では上層のWSi_x膜の表面反射と素子分離絶縁膜による段差）を避けて通れないことから、上記のような定在波効果も考慮するとパターニングは非常に困難と言え、このため反射防止膜をパターニング前に形成する技術が主流となっている。この反射防止膜の材料としては、無機系の材料と有機系の材料とが知られている。無機系の材料としてはTiNやSiO_xN_y:Hが知られており、これらのうちでもCVDガス条件の制御により所望の光学定数（n, k）が得られるSiO_xN_y:Hが有望視されている。一方、有機系の材料は、露光波長に対して吸収を持つ色素を含有したもので、下地からの反射を完全にカットすることが可能である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、反射防止膜を有する場合には、そのドライエッティング工程にいくつかの課題がある。

【0009】まず、反射防止膜の材料として無機系のSiO_xN_y:Hを用いた場合には、SiO_xN_y:Hの組成がSi_xやSiO₂、Si₃N₄の中間に位置するため、反射防止膜のエッティングをSiのエッティング条件で行うと、O等の放出による形状異常・選択比低下が起こりやすく、SiO₂のエッティングの場合はテーパ形状に

なりやすく寸法変換差が増大する。

【0010】これに対して、有機系反射防止膜を用いた場合は、反射防止膜の組成がレジストの組成に近いため、O₂を主体としたガス系を用いると反射防止膜のエッチング時のレジスト減りやパターン細り（等方性エッチング）が激しいという問題が生じる。このため、多層レジストエッチング技術で用いられたハロゲン添加による側壁保護プロセス（例えば、特願平2-108752号、特願平4-76598号）が現在主流になっている。

【0011】しかしながら、このハロゲンを添加したエッチングガスを用いた従来のドライエッチング技術では、次のような問題がある。すなわち、例えば、図17に示すように、Si基板201にフィールド絶縁膜202およびゲート絶縁膜203を形成し、全面にゲート電極形成用の多結晶Si膜204およびWSi_x膜205を形成した後、WSi_x膜205上に有機系反射防止膜206を塗布した場合には、フィールド絶縁膜202による段差により、有機系反射防止膜206に場所により膜厚差が生じ、フィールド絶縁膜202上では薄く、活性領域上では厚くなる。このため、有機系反射防止膜206上にレジストパターン207を形成し、このレジストパターン207をマスクとして有機系反射防止膜206をドライエッチングによりエッチングすると、エッチングが終了した時点で、下地層であるWSi_x膜205がエッチングガス中のハロゲンと反応してエッチングが進行してしまい、最終的にWSi_x膜205のエッチングが生じてアンダーカット部208が形成されてしまう。これは、限られた面積の被エッチング材料（下地層）にエッチャント（ハロゲン）が集中する、いわゆるローディング効果によるもので、段差上部の下地層が露出した直後に最も顕著に発生する。

【0012】同様な問題は、図18に示すように、DRAMキャパシタ209を形成したSi基板201の全面に層間絶縁膜210を形成し、その上にTi系膜211、Al合金膜212およびTi系膜213を形成した後、Ti系膜213上有機系反射防止膜206を塗布し、この有機系反射防止膜206をレジストパターン207をマスクとしてエッチングする場合にも生じる。すなわち、DRAMキャパシタ209による段差により、有機系反射防止膜206に場所により膜厚差が生じ、DRAMキャパシタ209上では薄く、周辺回路上では厚くなる。このため、有機系反射防止膜206上にレジストパターン207を形成し、このレジストパターン207をマスクとして有機系反射防止膜206をドライエッチングによりエッチングすると、エッチングが終了した時点で、下地層であるTi系膜213がエッチングガス中のハロゲンと反応してエッチングが進行してしまい、最終的にTi系膜213のエッチングが生じてアンダーカット部208が形成されてしまう。

【0013】以上のような理由により、高段差を有する場合でも下地層のエッチングが生じることなく、なおかつ寸法変換差を低減するような有機系反射防止膜のエッチング方法が切望されている。

【0014】したがって、この発明の目的は、高段差を有する場合でも下地層のエッチングが生じることなく、しかも寸法変換差を低減することができる有機系反射防止膜のエッチング方法およびそのようなエッチング方法を用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決すべく鋭意検討を行った。その結果、高段差を有する場合でも下地層のエッチングが生じることがなく、しかも寸法変換差を低減するような有機系反射防止膜のエッチングを行うためには、段差上部における薄膜部の有機系反射防止膜のエッチングが終了する直前またはエッチングの終了と同時にエッチングガスにおけるハロゲンの添加比率を下げるのが有効であることを見い出し、さらに、エッチングガスにおけるハロゲンの添加比率について定量的な考察を行い、この発明を案出するに至った。

【0016】すなわち、上記課題を解決するために、この発明の第1の発明は、有機系反射防止膜をドライエッチングによりエッチングするようにした有機系反射防止膜のエッチング方法において、少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッチングガスを用いて有機系反射防止膜をドライエッチングによりエッチングし、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げるようとしたことを特徴とするものである。

【0017】この発明の第2の発明は、有機系反射防止膜をドライエッチングによりエッチングする工程を有する半導体装置の製造方法において、少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッチングガスを用いて有機系反射防止膜をドライエッチングによりエッチングし、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げるようとしたことを特徴とするものである。

【0018】この発明において、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げるためには、最も典型的には、ハロゲンガス以外のガスの流量に対するハロゲンガスの流量の比を下げる。あるいは、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチャントガスに炭素を構成原子として含む化合物、特に有機化合物のガス（例えば、CH₄などの炭化水素）を添加したり、窒素ガスまたは不活性ガス（例えば、Arガス）を添加する。前者のように炭素を構成原子として含む化合物を添加した場合は、その化合物とハロゲンとの反応による堆積物が生成されることにより、下地層と

ハロゲンとの反応が抑制され、エッチングが抑制される。また、後者のように窒素ガスまたは不活性ガスを添加した場合は、この添加による希釈化の効果でハロゲン濃度が低減することにより、下地層とハロゲンとの反応が抑制され、エッチングが抑制される。

【0019】この発明においては、有機系反射防止膜の下地層のエッチングを有効に抑制する観点から、エッチングガスにおける有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を6.6%未満に下げる。また、ドライエッチング時のエッチングのばらつきや、他のエッチングパラメータによる影響などを考慮すると、有機系反射防止膜の下地層のエッチングを有効に抑制するためにには、ある程度の添加比率の余裕を見込むのが望ましいことから、エッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率は好適には6.1%以下に下げ、より好適には5.6%以下に下げ、さらに好適には5.0%以下に下げる。

【0020】また、この発明においては、有機系反射防止膜の下地層のエッチングを有効に抑制する観点から、より具体的には、例えば、ハロゲンガスの添加比率が6.6%以上のエッチングガスを用いて有機系反射防止膜をドライエッチングによりエッチングし、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を6.6%未満、好適には6.1%以下、より好適には5.6%以下、さらに好適には5.0%以下に下げる。

【0021】この発明は、従来タイプのプラズマ処理装置でも原理的に適用可能であるが、ガスの解像度の促進、大口径で均一なプラズマ生成およびより高精度な加工プロセスの実現という観点では、最近注目されている低圧・高密度プラズマ発生のエッチング装置の使用が望ましい。

【0022】上述のように構成されたこの発明によれば、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッチングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げるようにしてることにより、限られた面積の被エッチング材料、すなわち下地層にエッチャントであるハロゲンが集中する、いわゆるローディング効果を防止することができ、下地層とハロゲンとの反応を抑制することができ、下地層のエッチングを抑制することができる。このため、高段差を有する場合でも下地層のエッチングが生じることがない。また、エッチングによる有機系反射防止膜の寸法変換差を低減することもできる。

【0023】また、有機系反射防止膜のエッチングでは、形状とともに寸法制御性も重要視されるが、この発明では、ハロゲン化物を側壁に堆積させる反応を用いるので、例えばオーバーエッチでハロゲン比が下がり線幅寸法が減少するなら、下地層が露出するまでのステップでは、ハロゲン比を意識的に上げ、線幅を太めに調整し

ておき、最終的に目的とする寸法に仕上げることが可能である。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0025】まず、この発明の実施形態において有機系反射防止膜などのドライエッチングに用いるプラズマエッチング装置について説明する。図1～図3は、高密度プラズマを発生することができるプラズマエッチング装置の例を示す。

【0026】図1は、RFバイアス印加型電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマエッチング装置を示す。図1に示すように、このRFバイアス印加型ECRプラズマエッチング装置は、マグネットロン11で発生したマイクロ波が、導波管12および石英ベルジャー13を介して、ウェハステージ14上に単極式静電チャック15で設置されたウェハ16に到達するように構成されている。単極式静電チャック15の代わりにクランプを用いてもよい。石英ベルジャー13を取り巻くようにソレノイドコイル17が設けられている。ウェハステージ14には高周波電源18が接続されている。

【0027】図2は、磁場閉じ込め型リアクター（MCR）タイプのプラズマエッチング装置を示す。図2に示すように、このMCRタイプのプラズマエッチング装置においては、石英製の側壁電極19に高周波電源18より13.56MHzのRFを印加し、上部電極20をアノードとして放電した後、上部電極20またはチャンバー側壁に巻いたマルチポール磁石（図示せず）で磁場閉じ込めを行って比較的高密度のプラズマを形成するように構成されている。また、ウェハステージ14に高周波電源18により基板バイアス450kHzを印加することで入射イオンエネルギーの独立制御が可能である。

【0028】図3は、ヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置を示す。図3に示すように、このヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置においては、ソース電源21によりアンテナ22にRF（13.56MHz）を印加すると、ソレノイドコイル17により発生された磁場との相互作用でソースチャンバー23内にホイップスラー波（ヘリコン波）が発生し、チャンバー側壁に巻いたマルチポール磁石24で磁場閉じ込めを行った結果生じた高密度プラズマがウェハ16に到達するように構成されている。

【0029】なお、図示は省略するが、図1、図2および図3のいずれのプラズマエッチング装置においても、高周波電源18が接続されたウェハステージ14は温度制御用の冷媒が循環した構造となっている。

【0030】次に、この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法、特にゲート電極の形成工程について

て説明する。図4～図11にそのゲート電極の形成工程を示す。

【0031】この第1の実施形態においては、図4に示すように、まず、Si基板101の表面を例えばLOCOS法により選択的に熱酸化することによりSiO₂膜からなるフィールド絶縁膜102を形成して素子分離を行った後、このフィールド絶縁膜102に囲まれた活性領域の表面に例えば熱酸化法によりSiO₂膜からなるゲート絶縁膜103を形成する。このゲート絶縁膜103の膜厚は例えば5nmとする。次に、例えば減圧CVD法により全面に多結晶Si膜104を形成した後、この多結晶Si膜104にイオン注入などにより不純物をドープして低抵抗化する。この多結晶Si膜104の膜厚は例えば100nmとする。

【0032】次に、図5に示すように、例えばプラズマCVD法により全面にWSi_x膜105を形成する。このWSi_x膜105の膜厚は例えば100nmとする。

【0033】次に、図6に示すように、WSi_x膜105上に例えばスピンドルコート法により有機系反射防止膜1

06を塗布する。この有機系反射防止膜106としては、例えば、Brewer Science社製DUV-42を用いる。この有機系反射防止膜106の膜厚は、例えば、フィールド絶縁膜102上では70nm、活性領域上では150nmである。

【0034】次に、図7に示すように、例えばKrFエキシマレーザを光源としたエキシマレーザステッパーを用いたフォトリソグラフィー法により、有機系反射防止膜106上にゲート電極形成用のレジストパターン107を形成する。このレジストパターン107の幅は例えば0.25μmとする。

【0035】次に、図8に示すように、例えば図1に示すRFバイアス印加型ECRプラズマエッチング装置を用いて以下の条件で、レジストパターン107をマスクとして有機系反射防止膜106のメインエッチングを行う。このメインエッチングは、フィールド絶縁膜102上の有機系反射防止膜106がエッチングされて下地層であるWSi_x膜105が露出した時点で停止する。

【0036】

$$\text{エッチングガス} : O_2 / Cl_2 = 20 / 60 \text{ SCCM}$$

圧力 : 1.0 Pa

マイクロ波出力 : 1200W

RFバイアス : 50W (800kHz)

ウェハ温度 : -20°C

この後、ステップ切り替えにより、同じプラズマエッチング装置内で以下の条件で有機系反射防止膜106のオーバーエッチングを行い、図9に示すように、活性領域上の有機系反射防止膜106を完全にエッチングして下地層であるWSi_x膜105を露出させる。このオーバー

$$\text{エッチングガス} : O_2 / Cl_2 = 20 / 10 \text{ SCCM}$$

圧力 : 1.0 Pa

マイクロ波出力 : 1200W

RFバイアス : 50W (800kHz)

ウェハ温度 : -20°C

上記の有機系反射防止膜106のエッチングでは、フィールド絶縁膜102による段差上部でのWSi_x膜105との界面に達した時点でエッチングガスにおけるCl₂の添加比率を下げているので、従来はWSi_x膜105がWC_{1-x}O_yもしくはWC_{1-x}O_yの形でエッチングされていたものが、WO_xの生成が促進されることで抑制され、結果的に下地層WSi_x膜105のエッチングは全く発生しない。また、寸法に関しては、メインエッチングの際の側壁保護に寄与するCl₂の添加比率を意識的に増加させて太めにエッチングし、その後のオーバーエッチングではCl₂の添加比率を下げて細る傾向の工

$$\text{エッチングガス} : Cl_2 / O_2 = 80 / 8 \text{ SCCM}$$

圧力 : 0.4 Pa

マイクロ波出力 : 900W

RFバイアス(メインエッチ) : 80W (800kHz)

(オーバーエッチ) : 30W (800kHz)

エッチングの条件で重要なことは、エッチングガスにおけるCl₂の添加比率をメインエッチング時に比べて下げていることである。

【0037】

エッチングを行っていることにより、有機系反射防止膜106のエッチング後の仕上がり寸法を狙い通りにすることができる。

【0038】この後、例えば図1に示すRFバイアス印加型ECRプラズマエッチング装置を用いて以下の条件下WSi_x膜105および多結晶Si膜104のエッチングを行い、図10に示すように、所定幅の多結晶Si膜104およびWSi_x膜105からなるWポリサイド構造のゲート電極を形成する。

【0039】

ウェハ温度

オーバーエッチング

次に、例えばアッシング処理を行うことにより、図11に示すように、レジストパターン107および有機系反射防止膜106を完全に除去する。

【0040】以上のように、この第1の実施形態によれば、ゲート電極形成用の多結晶Si膜104およびWSi_x膜105を形成し、WSi_x膜105上有機系反射防止膜106を塗布した後、レジストパターン107をマスクとしてこの有機系反射防止膜106のドライエッチングを行う場合に、フィールド絶縁膜102による段差上部での下地層WSi_x膜105との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC1₂の添加比率を下げていることにより、このWSi_x膜105のエッチングが生じることが全くなく、寸法変換差もほとんど生じない。このため、多結晶Si膜104およびWSi_x膜105をレジストパターン107と同一幅にパターニングすることができ、高精度な微細ゲート電極を形成するこ

: 20°C

: 20%

とができる。

【0041】次に、この発明の第2の実施形態による半導体装置の製造方法、特にゲート電極の形成工程について説明する。

【0042】この第2の実施形態においては、まず、第1の実施形態と同様にして、図4～図7に示す工程を順次実行する。

【0043】次に、図8に示すように、例えば図2に示すMCRタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件で、レジストパターン107をマスクとして有機系反射防止膜106のメインエッチングを行う。このメインエッチングは、フィールド絶縁膜102上の有機系反射防止膜106がエッチングされて下地層であるWSi_x膜105が露出した時点で停止する。

【0044】

エッチングガス : O₂/C1₂ = 20/40 SCCM

圧力 : 1.0 Pa

ソース出力 : 1000W

RFバイアス : 50W (450 kHz)

ウェハ温度 : 0°C

この後、ステップ切り替えにより、同じプラズマエッチング装置内で以下の条件で有機系反射防止膜106のオーバーエッチングを行い、図9に示すように、活性領域上の有機系反射防止膜106を完全にエッチングして下地層であるWSi_x膜105を露出させる。このオーバ

エッチングガス : O₂/C1₂/CH₄ = 20/20/5 SCCM

圧力 : 1.0 Pa

ソース出力 : 1000W

RFバイアス : 50W (450 kHz)

ウェハ温度 : 0°C

上記の有機系反射防止膜106のエッチングでは、フィールド絶縁膜102による段差上部でのWSi_x膜105との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC1₂の添加比率を下げているので、従来はWSi_x膜105がWC1_xO_yもしくはWC1_xO_yの形でエッチングされていたものが、WO_xの生成が促進されることで抑制され、結果的に下地層WSi_x膜105のエッチングは全く発生しない。その際、オーバーエッチング時にエッチングガスにCH₄を添加しているので、CH_xC1_y系ポリマーの堆積が生じ（薄膜なので図示を省略する）、WSi_x膜105のエッチングの抑制に寄与する。また、寸法に関しては、オーバーエッチング時にエ

エッチングの条件で重要なことは、エッチングガスにおけるC1₂の添加比率をメインエッチング時に比べて下げていること、および、CH₄を添加していることである。

【0045】

エッチングガスにおけるC1₂の添加比率を下げたことにより細る傾向があるところにエッチングガスにCH₄を添加して堆積物を形成し細りを抑えているので、有機系反射防止膜106のエッチング後の仕上がり寸法を狙い通りにすることができる。

【0046】この後、例えば図2に示すMCRタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件でWSi_x膜105および多結晶Si膜104のエッチングを行い、図10に示すように、所定幅の多結晶Si膜104およびWSi_x膜105からなるWポリサイド構造のゲート電極を形成する。

【0047】

エッチングガス : C1₂/O₂ = 80/2 SCCM

圧力 : 0.3 Pa

ソース出力 : 900W

RFバイアス（メインエッチ）: 60W (450 kHz)

（オーバーエッチ）: 20W (450 kHz)

ウェハ温度
オーバーエッチング

次に、例えばアッシング処理を行うことにより、図11に示すように、レジストパターン107および有機系反射防止膜106を完全に除去する。

【0048】以上のように、この第2の実施形態によれば、ゲート電極形成用の多結晶Si膜104およびWS_{i_x}膜105を形成し、WS_{i_x}膜105上に有機系反射防止膜106を塗布した後、レジストパターン107をマスクとしてこの有機系反射防止膜106のドライエッチングを行う場合に、フィールド絶縁膜102による段差上部でのWS_{i_x}膜105との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC_{1₂}の添加比率を下げるとともに、CH₄を添加していることにより、有機系反射防止膜106の下地層であるWS_{i_x}膜105のエッチングが生じることが全くなく、寸法変換差もほとんど生じない。このため、多結晶Si膜104およびWS_{i_x}膜105をレジストパターン107と同一幅にパターニングすることができ、高精度な微細ゲート電極を形成することができる。

【0049】次に、この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法、特に、DRAMを搭載した半導体装置の製造方法におけるA1配線の形成工程について説明する。図12～図16にそのA1配線の形成工程を示す。

【0050】この第3の実施形態においては、図12に示すように、まず、例え斯塔ック型のDRAMキャバシタ108を形成したSi基板101上に例えばSiO₂を

エッチングガス	: O ₂ / C _{1₂} = 10 / 30 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400 kHz)
ウェハ温度	: -10°C

この後、ステップ切り替えにより、同じプラズマエッチング装置内で以下の条件で有機系反射防止膜106のオーバーエッチングを行い、図15に示すように、周辺回路上の有機系反射防止膜106を完全にエッチングして下地層であるTi系膜112を露出させる。このオーバーエッチングの条件で重要なことは、エッチングガスにおけるC_{1₂}の添加比率をメインエッチング時に比べて下げていることである。

【0055】

エッチングガス	: O ₂ / C _{1₂} = 10 / 5 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400 kHz)
ウェハ温度	: -10°C

上記の有機系反射防止膜106のエッチングでは、DRAMキャバシタ108による段差上部でのTi系膜112との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC_{1₂}

: 70°C

: 20%

, 膜からなる層間絶縁膜109を形成し、さらに例えばTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線層を例えればスパッタリング法により形成する。

【0051】次に、図13に示すように、Ti系膜112上に例えればスピニコート法により有機系反射防止膜106を塗布する。この有機系反射防止膜106としては、例えれば、Brewer Science社製DUV-42を用いる。この有機系反射防止膜106の膜厚は、例えれば、DRAMキャバシタ108上では100nm、周辺回路上では250nmである。

【0052】次に、図14に示すように、例えればKrFエキシマレーザを光源としたエキシマレーザステッパーを用いたフォトリソグラフィー法により、有機系反射防止膜106上に配線形成用のレジストパターン107を形成する。このレジストパターン107の幅は例えば0.25μmとする。

【0053】次に、図14に示すように、例えれば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件で、レジストパターン107をマスクとして有機系反射防止膜106のメインエッチングを行う。このメインエッチングは、DRAMキャバシタ108上の有機系反射防止膜106がエッチングされて下地層であるTi系膜112が露出した時点で停止する。

【0054】

エッチングガス : O₂ / C_{1₂} = 10 / 30 SCCM

圧力

: 0.5 Pa

ソース出力

: 1200W

RFバイアス

: 50W (400 kHz)

ウェハ温度

: -10°C

の添加比率を下げているので、従来はTi系膜112がTiC_{1_x}の形でエッチングされていたものが、TiO_xの生成が促進されることで抑制され、結果的に下地層Ti系膜112のエッチングは全く発生しない。また、寸法に関しては、メインエッチングの際に側壁保護に寄与するC_{1₂}の添加比率を意識的に増加させて太めにエッチングし、その後のオーバーエッチングではC_{1₂}の添加比率を下げて細る傾向のエッチングを行ったので、有機系反射防止膜106のエッチング後の仕上がり寸法を狙い通りにすることができる。

【0056】この後、図16に示すように、例えれば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件でTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線層のエッチングを行い、図16に示すように、所定幅のTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線を形成する。

ウェハ温度
オーバーエッチング

次に、例えばアッシング処理を行うことにより、図11に示すように、レジストパターン107および有機系反射防止膜106を完全に除去する。

【0048】以上のように、この第2の実施形態によれば、ゲート電極形成用の多結晶Si膜104およびWS_{i_x}膜105を形成し、WS_{i_x}膜105上に有機系反射防止膜106を塗布した後、レジストパターン107をマスクとしてこの有機系反射防止膜106のドライエッチングを行う場合に、フィールド絶縁膜102による段差上部でのWS_{i_x}膜105との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC_{1₂}の添加比率を下げるとともに、CH₄を添加していることにより、有機系反射防止膜106の下地層であるWS_{i_x}膜105のエッチングが生じることが全くなく、寸法変換差もほとんど生じない。このため、多結晶Si膜104およびWS_{i_x}膜105をレジストパターン107と同一幅にパターニングすることができ、高精度な微細ゲート電極を形成することができる。

【0049】次に、この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法、特に、DRAMを搭載した半導体装置の製造方法におけるA1配線の形成工程について説明する。図12～図16にそのA1配線の形成工程を示す。

【0050】この第3の実施形態においては、図12に示すように、まず、例えばスタック型のDRAMキャバシタ108を形成したSi基板101上に例えばSiO₂

エッチングガス	: O ₂ / C _{1₂} = 10 / 30 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400 kHz)
ウェハ温度	: -10°C

この後、ステップ切り替えにより、同じプラズマエッチング装置内で以下の条件で有機系反射防止膜106のオーバーエッチングを行い、図15に示すように、周辺回路上の有機系反射防止膜106を完全にエッチングして下地層であるTi系膜112を露出させる。このオーバーエッチングの条件で重要なことは、エッチングガスにおけるC_{1₂}の添加比率をメインエッチング時に比べて下げていることである。

【0055】

エッチングガス	: O ₂ / C _{1₂} = 10 / 5 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400 kHz)
ウェハ温度	: -10°C

上記の有機系反射防止膜106のエッチングでは、DRAMキャバシタ108による段差上部でのTi系膜112との界面に達した時点でエッチングガスにおけるC_{1₂}

: 70°C

: 20%

z 膜からなる層間絶縁膜109を形成し、さらに例えばTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線層を例えばスパッタリング法により形成する。

【0051】次に、図13に示すように、Ti系膜112上に例えればスピンドルコート法により有機系反射防止膜106を塗布する。この有機系反射防止膜106としては、例えば、Brewer Science社製DUV-42を用いる。この有機系反射防止膜106の膜厚は、例えば、DRAMキャバシタ108上では100nm、周辺回路上では250nmである。

【0052】次に、図14に示すように、例えればKrFエキシマレーザを光源としたエキシマレーザステッパーを用いたフォトリソグラフィー法により、有機系反射防止膜106上に配線形成用のレジストパターン107を形成する。このレジストパターン107の幅は例えば0.25μmとする。

【0053】次に、図14に示すように、例えれば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件で、レジストパターン107をマスクとして有機系反射防止膜106のメインエッチングを行う。このメインエッチングは、DRAMキャバシタ108上の有機系反射防止膜106がエッチングされて下地層であるTi系膜112が露出した時点で停止する。

【0054】

エッチングガス : O₂ / C_{1₂} = 10 / 30 SCCM

圧力 : 0.5 Pa

ソース出力 : 1200W

RFバイアス : 50W (400 kHz)

ウェハ温度 : -10°C

z の添加比率を下げているので、従来はTi系膜112がTiC_{1_x}の形でエッチングされていたものが、TiO_xの生成が促進されることで抑制され、結果的に下地層Ti系膜112のエッチングは全く発生しない。また、寸法に関しては、メインエッチングの際に側壁保護に寄与するC_{1₂}の添加比率を意識的に増加させて太めにエッチングし、その後のオーバーエッチングではC_{1₂}の添加比率を下げる傾向のエッチングを行ったので、有機系反射防止膜106のエッチング後の仕上がり寸法を狙い通りにすることができます。

【0056】この後、図16に示すように、例えれば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッチング装置を用いて以下の条件でTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線層のエッチングを行い、図16に示すように、所定幅のTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線を形成する。

【0057】

エッティングガス	: BC1 ₃ / C1 ₂ = 20 / 20 SCCM
圧力	: 1.0 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス (メインエッチ)	: 60W (400kHz)
(オーバーエッチ)	: 20W (400kHz)
ウェハ温度	: 20°C

この後、配線層のエッティングに連続してインラインアッシング処理を行うことにより、レジストパターン107および有機系反射防止膜106を完全に除去する。

【0058】以上のように、この第3の実施形態によれば、配線形成用のTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112を形成し、Ti系膜112上に有機系反射防止膜106を塗布した後、レジストパターン107をマスクとしてこの有機系反射防止膜106のドライエッティングを行う場合に、DRAMキャバシタ108による段差上部でのTi系膜112との界面に達した時点でエッティングガスにおけるC1₂の添加比率を下げていることにより、有機系反射防止膜106の下地層であるTi系膜112のエッティングが生じることが全くなく、寸法変換差もほとんど生じない。このため、Ti系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112をレジストパターン107と同一幅にパターニングすることができ、高精度な微細Al配線を形成することができ

エッティングガス	: O ₂ / C1 ₂ = 10 / 20 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400kHz)
ウェハ温度	: -10°C

この後、ステップ切り替えにより、同じプラズマエッティング装置内で以下の条件で有機系反射防止膜106のオーバーエッティングを行い、図15に示すように、周辺回路上の有機系反射防止膜106を完全にエッティングして下地層であるTi系膜112を露出させる。このオーバ

エッティングガス	: O ₂ / C1 ₂ / Ar = 10 / 10 / 80 SCCM
圧力	: 0.5 Pa
ソース出力	: 1200W
RFバイアス	: 50W (400kHz)
ウェハ温度	: -10°C

上記の有機系反射防止膜106のエッティングでは、DRAMキャバシタ108による段差上部でのTi系膜112との界面に達した時点でエッティングガスにおけるC1₂の添加比率を下げているので、従来はTi系膜112がTiC1_xの形でエッティングされていたものが、TiO_xの生成が促進されることで抑制され、結果的に下地層Ti系膜112のエッティングは全く発生しない。その際、オーバーエッティング時にエッティングガスにArを添加しているので、C1濃度が希釈により低減し、Ti系膜112のエッティングの抑制に寄与する。また、寸法に関しては、オーバーエッティング時にエッティングガスにお

る。

【0059】次に、この発明の第4の実施形態による半導体装置の製造方法、特に、DRAMを搭載した半導体装置の製造方法におけるA1配線の形成工程について説明する。

【0060】この第4の実施形態においては、まず、第3の実施形態と同様にして、図12および図13に示す工程を順次実行する。

【0061】次に、図14に示すように、例えば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッティング装置を用いて以下の条件で、レジストパターン107をマスクとして有機系反射防止膜106のメインエッティングを行う。このメインエッティングは、DRAMキャバシタ108上の有機系反射防止膜106がエッティングされて下地層であるTi系膜112が露出した時点で停止する。

【0062】

エッティングの条件で重要なことは、エッティングガスにおけるC1₂の添加比率をメインエッティング時に比べて下げていること、および、Arを添加していることである。

【0063】

【0064】この後、図16に示すように、例えば図3に示すヘリコン波プラズマタイプのプラズマエッティング装置を用いて以下の条件でTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配線層のエッティングを行い、図16に示すように、所定幅のTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112からなる配

線を形成する。

エッティングガス	:	$BCl_3 / Cl_2 = 20 / 20 SCCM$
圧力	:	1.0 Pa
ソース出力	:	1200W
RFバイアス(メインエッチ)	:	60W (400kHz)
(オーバーエッチ)	:	20W (400kHz)
ウェハ温度	:	20°C

この後、配線層のエッティングに連続してインラインアッシング処理を行うことにより、レジストパターン107および有機系反射防止膜106を完全に除去する。

【0066】以上のように、この第4の実施形態によれば、配線形成用のTi系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112を形成し、Ti系膜112上に有機系反射防止膜106を塗布した後、レジストパターン107をマスクとしてこの有機系反射防止膜106のドライエッティングを行う場合に、DRAMキャパシタ108による段差上部でのTi系膜112との界面に達した時点でエッティングガスにおけるCl₂の添加比率を下げていることにより、有機系反射防止膜106の下地層であるTi系膜112のエッティングが生じることが全くなく、寸法変換差もほとんど生じない。このため、Ti系膜110、Al合金膜111およびTi系膜112をレジストパターン107と同一幅にパターニングすることができ、高精度な微細Al配線を形成することができる。

【0067】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の变形が可能である。

【0068】例えば、上述の実施形態において挙げた数値、構造、材料、エッティング装置の構成、プラズマ源、エッティングガスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これと異なる数値、構造、材料、エッティング装置の構成、プラズマ源、エッティングガスなどを用いてよい。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、少なくとも酸素ガスおよびハロゲンガスを含むエッティングガスを用いて有機系反射防止膜をドライエッティングによりエッティングし、有機系反射防止膜の下地層が露出する前または露出した時点でエッティングガスにおけるハロゲンガスの添加比率を下げるようにしていることにより、高段差を有する場合でも下地層のエッティングを抑制することができ、しかも寸法変換差を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施形態において使用されるRFバイアス印加型ECRプラズマエッティング装置を示す略線

【0065】

エッティングガス	:	$BCl_3 / Cl_2 = 20 / 20 SCCM$
圧力	:	1.0 Pa
ソース出力	:	1200W
RFバイアス(メインエッチ)	:	60W (400kHz)
(オーバーエッチ)	:	20W (400kHz)
ウェハ温度	:	20°C

図である。

【図2】この発明の実施形態において使用されるMCRプラズマエッティング装置を示す略線図である。

【図3】この発明の実施形態において使用されるヘリコン波プラズマエッティング装置を示す略線図である。

【図4】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図5】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図6】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図7】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図8】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図9】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図10】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図11】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図12】この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図13】この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図14】この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図15】この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図16】この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

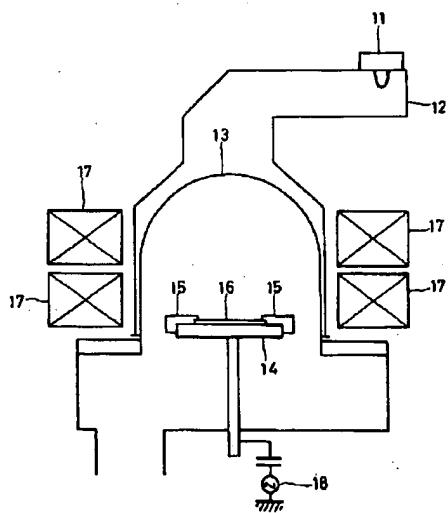
【図17】従来の半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図18】従来の半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

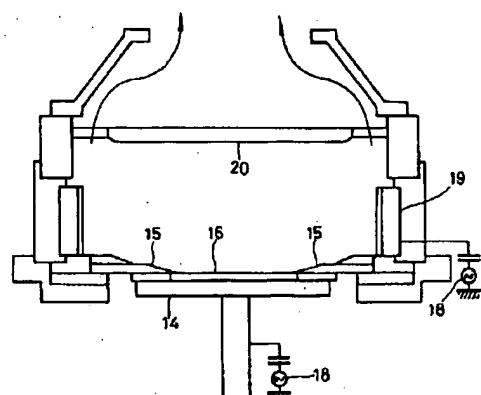
【符号の説明】

101…Si基板、102…フィールド絶縁膜、103…ゲート絶縁膜、104…多結晶Si膜、105…WSi_x膜、106…有機系反射防止膜、107…レジストパターン、108…DRAMキャパシタ

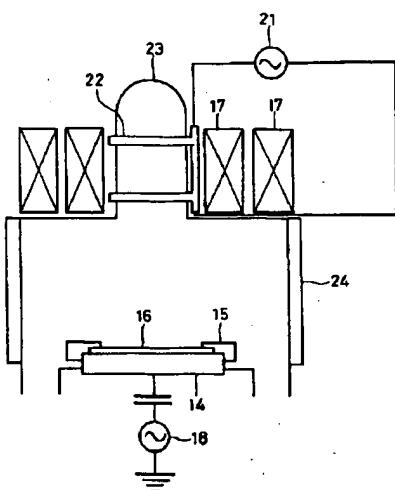
【図1】



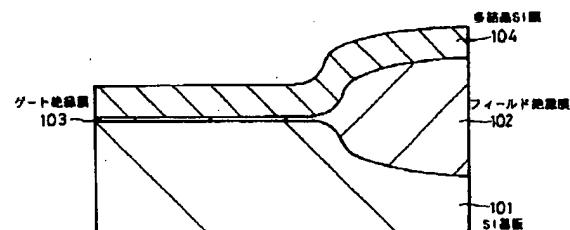
【図2】



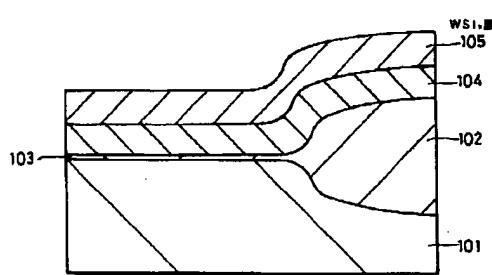
【図3】



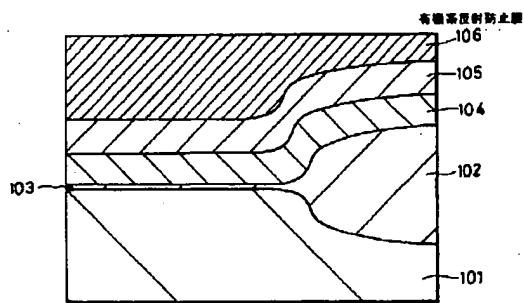
【図4】



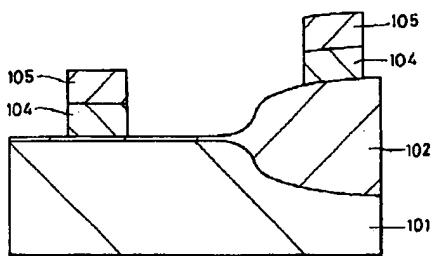
【図5】



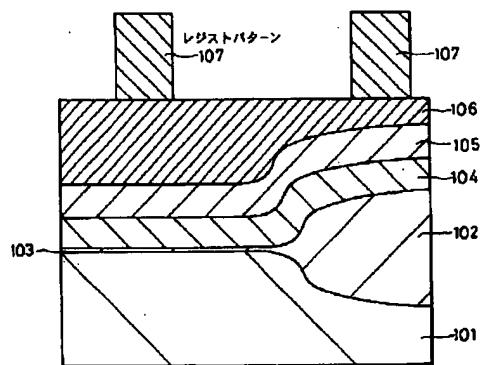
【図6】



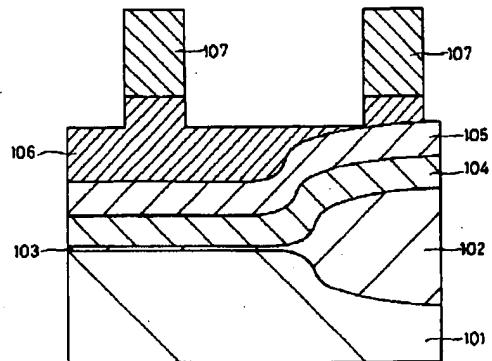
【図11】



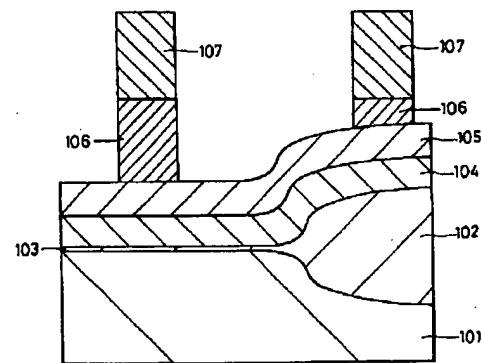
【図7】



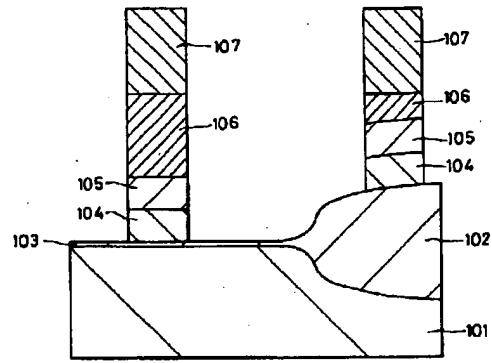
【図8】



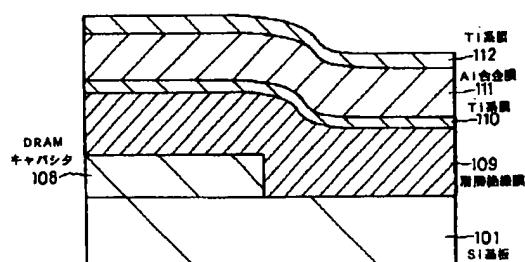
【図9】



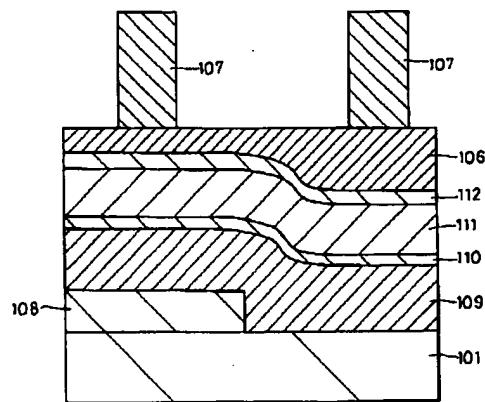
【図10】



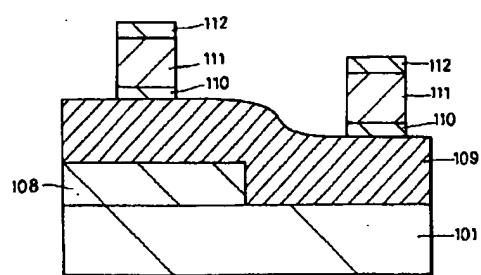
【図12】



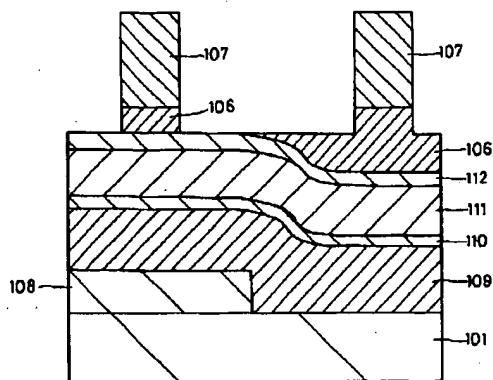
【図13】



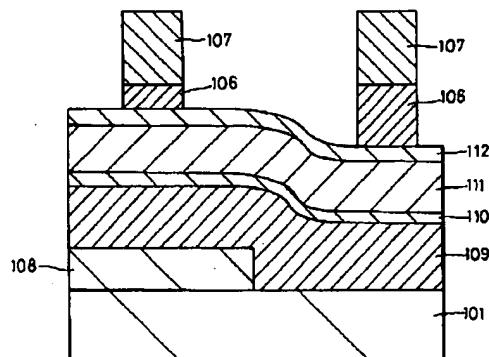
【図16】



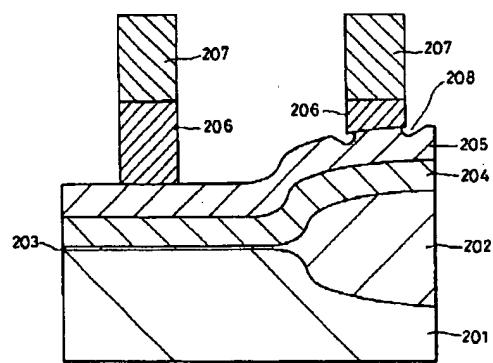
【図14】



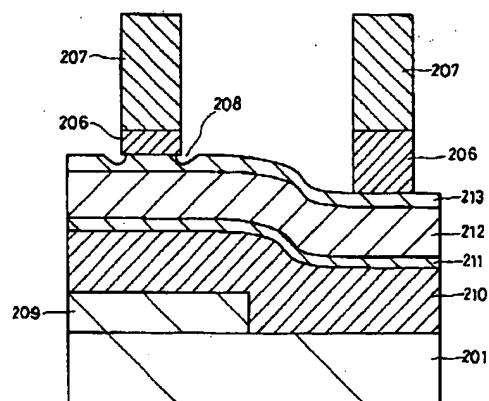
【図15】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H025 AA00 AB16 DA34
 2H096 AA00 AA25 CA06
 5F004 BA14 BA20 BB13 BB14 BB22
 BD03 CA04 CA06 DA00 DA04
 DA11 DA23 DA25 DA26 DA30
 DB02 DB09 DB17 DB23 EA22
 EA26 EA28 EA30 EB02
 5F046 PA07